

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-183522
(43)Date of publication of application : 11.08.1987

(51)Int.Cl. H01L 21/30
G03F 7/20

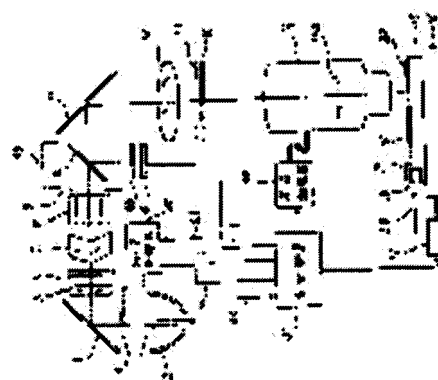
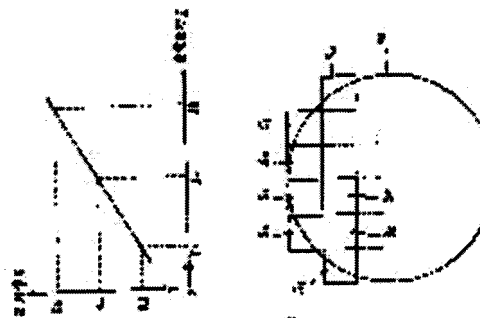
(21)Application number : 61-025600 (71) NIPPON KOGAKU KK <NIKON>
(22)Date of filing : 07.02.1986 (72)Inventor : SUZUKI KAZUAKI
KAWAI HIDEMI
MIZUTANI HIDEO

(54) PROJECTION AND EXPOSURE APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To estimate the fluctuation of a projected status created by the incidence of an exposing light into a projecting optical system by facilitating measurement of the reflectance of a sensitive substrate.

CONSTITUTION: If a photoelectric detector 41 is provided in the light passage of an illuminating optical system, in addition to the reflected light from the surface of a wafer W, the reflected lights from a condensor lens 12, a pattern of a reticle R and so forth are detected as off-set. Two points A and B are selected on a part of a Z stage on which the wafer W is not placed so as to make the difference in reflectance between the points A and B as large as possible and the pattern of the reticle R is projected at the points A and B and a photoelectric output I_h corresponding to the reflected luminous power detected at the point A and a photoelectric output I_l corresponding to the reflected luminous power detected at the point B are measured beforehand to obtain the reflectance R_w of the wafer W for an exposing light while the off-set portions cancell each other. For that purpose, the point A is selected on the surface of a reference mark plate 20 and the point B is selected on the surface of a light shielding plate 19 and the



reflectance R_h for the exposing light at the point A and the reflectance R_l for the exposing light at the point B are measured beforehand by the other method and memorized in a main control system 31.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-183522

⑤ Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和62年(1987)8月11日

H 01 L 21/30
G 03 F 7/20Z-7376-5F
7124-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑥ 発明の名称 投影露光装置

⑦ 特 願 昭61-25600

⑧ 出 願 昭61(1986)2月7日

⑬ 発 明 者 鈴木 一 明 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑭ 発 明 者 川 井 秀 実 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑮ 発 明 者 水 谷 英 夫 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑯ 出 願 人 日本光学工業株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

⑰ 代 理 人 弁理士 渡辺 隆男

明 細 書

1. 発明の名称

投影露光装置

2. 特許請求の範囲

(1) 所定のパターンが形成されたマスクにエネルギー線を照射する手段と；前記パターンの像を感応基板上に所定の投影状態で形成する投影光学系と；前記投影状態を調整するための調整手段と；前記投影光学系によるパターン投影像を所定の露光条件で感応基板上に転写するように制御する露光制御手段と；前記感応基板の反射率に関する情報を入力する入力手段とを備えたことを特徴とする投影露光装置。

(2) 前記入力手段は、前記投影光学系の瞳とほぼ共役な位置において、前記投影光学系の視野内に位置した物体により反射されたエネルギー線を入射して、その量に応じた電気信号を発生する反射エネルギー線検出器であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の装置。

(3) 前記調整手段は、前記投影光学系でのエネ

ルギー線の通過に起因した投影状態の変動を、前記露光条件に応じて補正する補正制御系を含み、該補正制御系は前記入力手段によって入力された反射率に関する情報を前記補正に加味することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の装置。

3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は投影光学系を備えた露光装置において、投影光学系の結像特性に変動が生じて、投影されたマスクのパターン像を所定の投影状態に制御するようにした投影露光装置に関する。

(発明の背景)

縮小投影露光装置の重要な性能の一つに重ね合わせ精度があげられる。この重ね合わせ精度に影響を与える要素の中で重要なものに投影光学系の倍率誤差がある。超LSIに用いられるパターンの大きさは年々微細化の傾向を強め、それに伴ってウェハ上での重ね合わせ精度の向上に対する要求も強まっている。従って、投影倍率を所定の値に保つ必要性がきわめて高くなってきている。と

ところで、投影光学系の倍率は、装置の僅かな温度変化や、クリーンルーム内大気の僅かな気圧変動、温度変化、および投影光学系へのエネルギー線の照射履歴等により、所定の倍率の近傍で変動する。このため、最近の縮小投影露光装置には、投影光学系の倍率と微調整して所定の倍率を実現するための倍率補正機構を有するものも出現している。具体的には、物体（レチクル）と投影レンズの間隔を変化させる、投影レンズ中のレンズ間隔を動かす、投影レンズ中のある空気室の圧力を調整する等の倍率補正機構がある。また、倍率に関する変動要因と同じ変動要因により、フォーカス（結像面位置）も移動する。このため、最近の縮小投影露光装置にはフォーカス補正機構を有するものも出現している。

さて、上記の結像特性の変動要因のうち、投影光学系へのエネルギー線照射の影響については、例えば特開昭60-78454号公報に開示されているように、照射履歴に応じて投影レンズ内の圧力を調整する方法により、所定の投影状態に制

御することができる。しかしながら、この方法においては、投影レンズを透過して結像に寄与するエネルギー線量は、シャッター状態、露光強度、レチクルの透過率等で決まる露光条件に基づいて容易に測定できるものの、結像面での反射により投影レンズに逆戻りするエネルギー線量は測定できないため、結像面に位置した物体（ウェハ等）の反射率が変化すると、制御された結像特性が所定の状態からずれてしまうという欠点があった。

このことを第5図を参照して説明する。第5図において横軸は時間を表わし、縦軸はウェハ上での倍率変化と圧力調整の際の制御値変化とを表わす。時刻 t_1 から t_2 までの間に反射率の低いウェハを順次露光し、時刻 t_2 からは反射率の高いウェハを露光するものとする。反射率の低いウェハについては投影レンズに逆戻りするエネルギー線（露光光）の量は少なく、圧力制御への影響が無視できるものとする。時刻 t_1 から t_2 の間に制御値は P_1 から P_2 まで変化し、 P_2 で飽和している。そして時刻 t_2 から t_3 までの間は露

3

光が行なわれないので制御値は P_2 から徐々に低下する。この時刻 t_3 まではウェハ上の投影像の倍率は一定値 M に正確に制御される。そして時刻 t_3 から前のウェハと同じ条件で露光が行なわれたとすると、制御値は特性 B のように P_2 で飽和するように変化する。しかしながら、投影レンズに逆戻りするエネルギー線量は増大しているため、倍率は特性 A に示すように一定値 M からずれてしまう。この特性 A を一定値 M に引きもどすためには、制御値を特性 B よりも強い制御が働くような特性 C にすればよいことが、各種実験により明らかとなった。

（発明の目的）

本発明はこれらの欠点を解決し、投影光学系の視野内に位置する物体（ウェハ等）の反射率が変化しても、投影光学系による投影状態（倍率、焦点位置）を常に所定の状態に保ち得るような投影露光装置を得ることを目的としている。

（発明の概要）

本発明は、露光すべき感応基板（ウェハ等）か

4

らの反射光量を検出する反射エネルギー検出器を装備することにより、例えば投影光学系へのエネルギー線照射により生じる結像特性の変動量を、基板の反射率の変化にかかわらず高精度に検出することを、さらに好ましくは投影状態を所定の状態に制御することを技術的要点としている。

（実施例）

第1図は本発明の第1の実施例による投影露光装置の概略的な構成を示す図である。基本的な構成については特開昭60-78454号公報に開示されているので簡単に説明する。

水銀ランプ1からの照明光は楕円鏡2で集光され、シャッター3を介してダイクロイックミラー4で反射される。そしてコリメーターレンズ5で平行にされた照明光は、露光波長（例えば g 線）のみを選択するフィルター6を介してコンプリズム7、オブチカルインテグレート8の順に入射する。オブチカルインテグレート8の射出面には多数の2次光源像が形成され、この射出面近傍には開口絞り9が配置される。この開口絞り9を射

5

6

出した露光光は透過率が高く、反射率の低いミラー10を介してダイクロミックミラー11に入射し、ここで反射されてコンデンサーレンズ12により均一な強度分布に成形されてレチクルRを照射する。照明視野絞り(所謂レチクルブラインド)13はレチクルR上の露光すべきでないパターン部分を任意の形状で遮光する。レチクルRの露光用のパターン部を透過した露光光は投影レンズ14に入射し、感応性基板としてのウェハW上にパターンの投影像が形成される。14aは投影レンズ14の瞳である。ウェハWはZステージ15上に載置され、Zステージ15はXYステージ16上に上下動(投影レンズ14の光軸方向への移動)可能に設けられている。XYステージ16はモータ等の駆動部17によって、投影レンズ14の投影結像面と平行に2次移動する。さてZステージ15にはXYステージ16(又はウェハW)の2次元的な位置を検出するためのレーザ干渉計(不図示)からのレーザ光束LBを垂直に反射させる移動鏡18が固定されている。そして移動鏡

18の上方には、移動鏡18と直接接しないように固定された遮光板19が配置される。この遮光板19は投影レンズ14を通過してきた露光光が移動鏡18に照射され、移動鏡18が温まることを防止するものである。またZステージ15上には、各種アライメントの際の基準とするための基準マークを設けた基準マーク板20が設けられている。

ところで本実施例では投影状態の調整手段として圧力調整器30が設けられ、投影レンズ14自体の結像特性(倍率、焦点位置)を微小量制御することができる。圧力調整器30は、投影レンズ14の露光光の透過による結像特性の変動を時々刻々補正し得るような圧力制御値を主制御系31から入力し、これにตอบสนองして投影レンズ14内の選ばれた空気間隔(空気室)の圧力を調整する。主制御系31は、シャッター3の開閉動作や露光時間を制御するシャッター制御系32に開放信号STを与えると同時に、単位時間(例えば5秒)内におけるシャッター3の開状態と閉状態とのジ

7

ューティに対応した信号DSをシャッター制御系32から入力する。また主制御系31は、環境情報(大気圧値、温度値)ASも入力し、信号DSに基づいて投影レンズ14の露光光の入射による倍率変動量、焦点変動量を推定し、この変動量を補正するための圧力制御値を、環境情報ASを加味して算出する。

以上の構成は特開昭60-78454号公報に開示されているのと同様である。本実施例において新規な構成はミラー10と、露光光の波長を選択的に透過するフィルター40と、光電検出器(反射エネルギー線検出器)41とを設けたことである。第1図においてオブチカルインテグレート8の射出面(又は絞り9)は投影レンズ14の瞳14aと共役であり、ミラー10は瞳14aと共役な位置の近傍に配置される。このミラー10としては単なる素ガラス、オブチカルインテグレート8側を反射防止コートし、投影レンズ14側を素ガラスのままにしたもの、あるいはインテグレート8側を反射防止コートし、投影レンズ側をハ

8

ーフミラーにしたもの等が使用できる。尚、第1図では光電検出器41の受光面は瞳14aと正確な共役関係にあることが望ましい。すなわちミラー10の中心からオブチカルインテグレート8までの距離と、ミラー10の中心から受光面までの距離を等し、受光面が瞳14aの大きさ(オブチカルインテグレート8の射出面の大きさ)と等しいか、もしくはそれ以上の寸法となるように定められる。また第1図のような構成以外に、ミラー10と光電検出器41との間にレンズ系を入れて、瞳14aを光電検出器41の受光面に再結像させることもできる。さて、このような構成において、光電検出器41にはコンデンサーレンズ12、レチクルブラインド13、レチクルR、投影レンズ14の内部レンズエレメント、及び投影視野内に位置した物体、特にウェハWからの各反射光が重畳して入射する。一般にウェハWの表面には未露光のフォトレジストが塗布されており、プロセスの進行に伴って表面には微小な凹凸が存在する。このためウェハWの表面では露光光の正反射光以

9

10

外に散乱回折光も発生し、正反射光とともに投影レンズ14に逆戻りすることになる。このため、光電検出器41の受光面が、ここに形成される瞳14aの像の大きさよりも大きい程、散乱回折光を含めてより多くの反射光（投影レンズ14を還る反射光）を検出することができる。その場合、フィルター40も光電検出器41の大きさに合わせる必要がある。

尚、第1図においてミラー10の上方に配置された光トラップ45は、オプティカルインテグレート8から射出した露光^光の一部がミラー10で上方に反射し、上方の金物で反射して光電検出器41に迷光として入射するのを防止するものであり、単なる無光たくの黒色塗装で十分である。また後述の反射率測定方法を実行すれば、光トラップ45は全くななくてもよい。さらに光トラップ45の位置にシャッター制御系32を光量積分モードで動作させるための測光素子を設けてもよい。

次に本実施例による反射率測定方法を第2図、第3図を用いて説明する。第1図のように光電検

出器41を照明光学系の光路中に設けると、ウェハW表面からの反射光以外に、コンデンサーレンズ12やレチクルRのパターン（クロム部）等からの反射光がオフセットとして加わった形で受光される。そこでZステージ15上のウェハWが載らない部分のうち、なるべく反射率の異なる2ヶ所（以後A点とB点とする）でレチクルRのパターンの投影を行ないA点において受光された反射光量に応じた光電出力 I_h とB点において受光された反射光量に応じた光電出力 I_ℓ とを予め計測し、上記オフセット分を相殺した形でウェハWの露光光に対する反射率 R_w を求める。このため本実施例ではA点を基準マーク板20の表面とし、B点を遮光板19の表面とし、A点の露光光に対する反射率 R_h とB点の露光光に対する反射率 R_ℓ （ここでは $R_\ell < R_h$ とする）とは、予め別の方法で測定され、主制御系31に記憶されているものとする。

まずレチクルRをセットし、レチクルブラインド13を所定の形状及び大きさにセットした後、

1 1

投影レンズ14の投影視野内に基準マーク板20が位置するようにXYステージ16を位置決めする。そして主制御系31は、シャッター3を開いてレチクルRのパターンを基準マーク板20に投影するとともに、光電検出器41の光電出力 I を読み込み、その大きさを I_h として記憶する。もちろん基準マーク板20の表面寸法はパターンとの投影像寸法よりも大きい。次にXYステージ16を移動させて遮光板19にレチクルRのパターンを投影するとともに、そのときの光電出力 I を読み込み、その大きさを I_ℓ として記憶する。そして以後光電出力 I に基づいて(1)式により内挿又は外挿することにより、ウェハWの反射率 R_w が算出される。

$$R_w = R_\ell + \left(\frac{I - I_\ell}{I_h - I_\ell} \right) \cdot (R_h - R_\ell) \quad \cdots (1)$$

この(1)式を図示したものが第2図であり、横軸は光電出力 I を表わし、縦軸は反射率 R を表わす。第2図において I_w はウェハWが投影視野内に位置して露光が行なわれているときの光電出力

1 3

1 2

I の大きさである。本実施例ではステップ・アンド・リピート方式でウェハWを露光する各露光ショット毎に反射率 R_w の測定が可能である。

さて、ウェハWの反射率 R_w が求まった段階で、主制御系31は圧力制御値を反射率 R_w に応じて補正する。例えば投影視野内の物体の反射率を零としたときに得られる圧力制御値（結像特性の変動量と一義的に対応する）を、 $(1 + R_w)$ 倍するように補正する。これによって、ウェハWの反射率が一定でないことによって生じる制御上の誤差が格段に低減される。

またA点、B点を使った光電出力 $I_\ell \cdot I_h$ の検出は、レチクルRが変わるたび、レチクルブラインド13の大きさ（又は形状）を変えるたびに行なわれる。さらに光電出力 I_ℓ 、 I_h の検出は、水銀ランプ1の照度低下に応じてある一定時間おきにも行なうことが望ましい。

ところで第1図のような構成では、ウェハWへの実際の露光を開始しないと、反射率 R_w が求められない訳であるが、ウェハWへの第1ショット

1 4

目から正確な反射率 R_w を得られるとは限らない。すなわち第3図に示すようにウェハW上の右上から左にショット S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 を順次露光し、次にその下の列を左から右にショット S_5 、 S_6 、 S_7 、…… S_{10} の順に露光する場合を考えてみる。ショット S_1 、 S_4 、 S_5 、 S_{10} はウェハWの外周からかなりはみ出しているため、このショットで測定された反射率は不正確である。ショット S_2 、 S_3 についてもわずかにみ出しているため、正確さに欠けるが、はみ出している面積がわずかなので、そこそこの精度で計測される。またショット S_6 、 S_7 についてはウェハW内に含まれるため、信頼性の高い計測値が得られる。第3図のように、大きくはみ出すショットと含まれるショットとは、ステップ・アンド・リピート露光時のショット配列の設計値から容易に判別できる。そこで主制御系31は、ウェハW内に含まれるショットの露光時において計測された反射率 R_w のみを使い、露光が進むごとに、計測された反射率を順次平均化し、一枚目のウェハWの

15

光電検出器41で受光する。この場合もA点、B点における2点計測を行なった後、ウェハWの反射率（光電出力 I_w ）を求めた方が正確である。また照明光源50からの照明光の波長が露光光の波長と異なる場合は、フォトレジストの反射特性の振舞いも異なるため、予めその照明光に対する反射率と露光光に対する反射率との間で対応付けを行なっておく必要がある。

以上本発明の2つの実施例を述べたが、いずれの場合も、投影状態の調整手段として投影レンズ14自体の結像特性を圧力制御により補正する系を例示した。しかしながら投影レンズ14の露光光の入射による焦点変動のみを補正する場合は、主制御系31で信号DSに基づいて推定された変動量に応じて、Zステージ15の高さを変動が補正されるように自動的に調整すればよい。この場合、Zステージ15が本発明の調整手段に相当する。その他この種の調整手段としては、レチクルRと投影レンズ14との間隔を変化させ得る機構（例

17

露光が終了した時点での平均的な反射率を、2枚目以降のウェハ（一枚目と同じプロセスを経由したウェハ）の反射率とみなして処理する。あるいは、はみ出しているショットについて、そのはみ出し量に応じて重ね付けを変えて反射率を算出し、全ショットについての平均値を求めるようにしてもよい。尚、圧力制御において重要なのは、ウェハWからの反射光量の変化のみであり、反射率そのものではないので、ショットがウェハ外形からはみ出すか否かにかかわらず、第2図で求められる反射率 R_w を反射量とみなして、そのまま補正に用いればよい。

さて、第4図は本発明の第2の実施例による反射量測定部を示す。第4図のように、投影レンズ14から離れた位置に、例えばウェハグローバルアライメント用の顕微鏡、又はブリアライメント用の拡大光学系が設けられている場合、それらの光学系の多くは照明光源50と、対物レンズ51とを有している。そこでハーフミラー52とレンズ53を設け、照明光のウェハWでの反射光量を

16

えばレチクルRに最も近いレンズ）を光軸方向に移動させ得る機構等がそのまま応用できる。

またウェハWの反射率を別の測定器で計測し、その値を主制御系31に入力するようにしてもよい。あるいは、光電検出器41によって測定された反射率（反射量） R_w をオペレータに表示するのみにとどめ、その反射率 R_w を投影状態の変動の補正時に加味するか否か、又は表示された反射率 R_w をオペレータの経験から修正するか否か等をオペレータの判断に任せるようにしてもよい。

ところで第1の実施例のように露光光によるウェハWの反射特性は、フォトレジストの特性に大きく左右されることが考えられる。通常のフォトレジストは、露光光の波長に対する光化学的な反応が最も高感度になるように定められている。このことは露光光がフォトレジストを照射した直後では、フォトレジストは露光光を吸収し、光化学的な反応が進むにつれて吸収性がなくなること、すなわち露光が進むにつれて反射率が大きくなる特性を有することを意味する。この反射率の変化

18

は単位面積あたりの露光光の照度、フォトレジストの材質や厚さ、及び感度によって異なる。従って露光光による反射率 R_w の測定では、第1図において例えばシャッター3の開放完了時、露光時間 t （シャッター全開時間）内の中間点、又はシャッター3の閉成動作の開始時等で光電出力 I を高速にサンプリングし、各サンプリング点で求めた、反射率を平均化するようにするとよい。

また第1の実施例のように、光電検出器41が投影レンズ14によるウェハW上の露光領域からの反射光を受ける場合は、シャッター3を開放した後の光電出力 I の変化を検出し、上記のフォトレジストの特性を利用して光電出力 I が所定の変化を示したときにシャッター3の閉成動作を開始するように制御すれば、所謂露光量制御が可能である。このような露光量制御は、フォトレジストの感光の過程がリアルタイムに把握できるので、フォトレジストの下地の影響によるオーバー露光、アンダー露光を低減できる点で有利である。

（発明の効果）

以上本発明によれば感応性基板の反射率を計測し得るようにしたので、露光光の投影光学系への入射による投影状態の変動量をより高精度に推定できるといった効果が得られる。

また実施例によれば、投影状態の変動の補正がより精密になるといった利点があるのみならず、どのような感応性基板にも対応できるといった利点もある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例による投影露光装置の構成を示す図、第2図は反射率の測定方法を説明するグラフ、第3図はウェハ上の露光ショットの配列を示す配置図、第4図は反射率測定部の他の実施例を示す構成図、第5図は従来における投影状態の変動の補正を説明する特性図である。

〔主要部分の符号の説明〕

R……レチクル、 W……ウェハ
I……水銀ランプ、 3……シャッター
10……ミラー、 14……投影レンズ
14a……瞳、 30……圧力調整器

19

20

31……主制御系

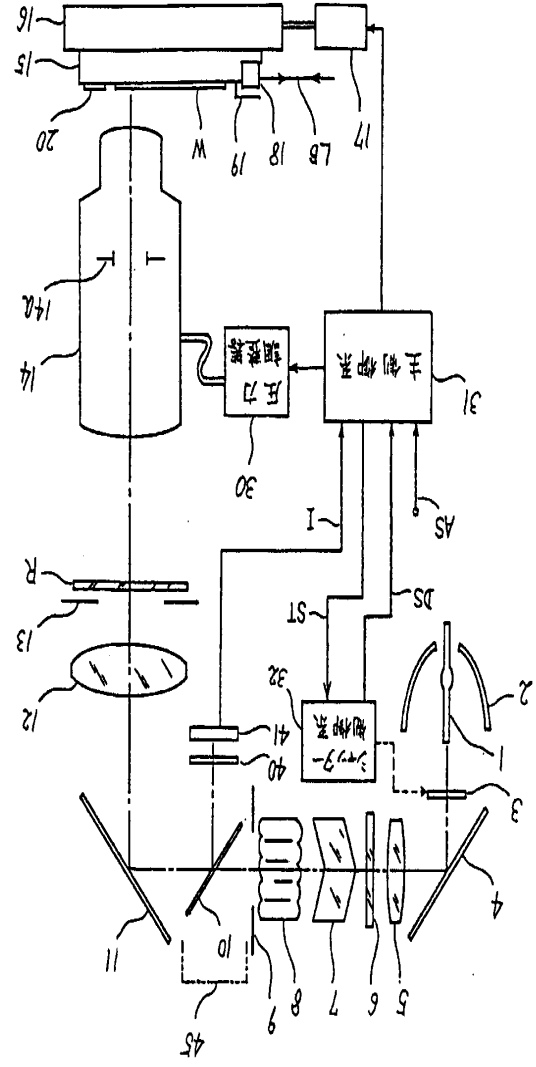
41……光電検出器（反射エネルギー線検出器）

出願人 日本光学工業株式会社

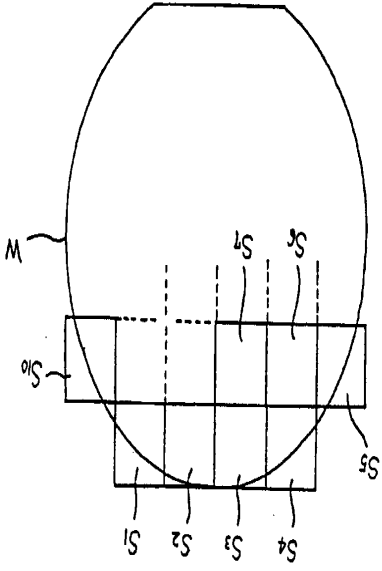
代理人 渡 辺 隆 男

21

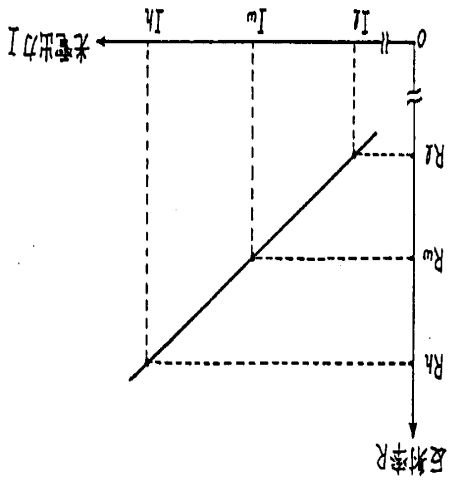
第1図

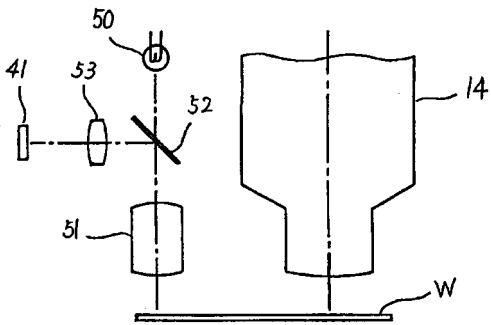


第3図

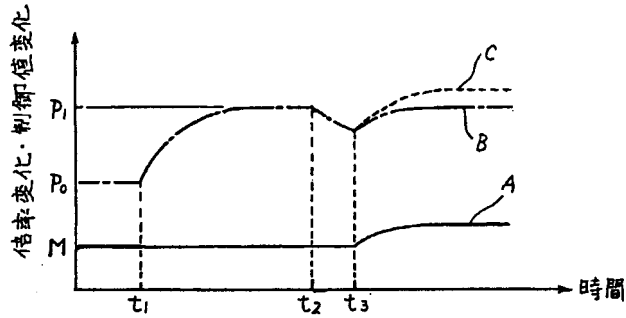


第2図





第 4 図



第 5 図